

72变打造史上最难探测器 只为飞天揽月“取把土”

本报记者 叶薇

从2009年至2020年,中国航天科技集团八院805所开展了月球轨道交会对接与自动样品转移技术的攻关和工程研制,突破轻小型弱撞击式对接技术、复杂接口自动样品转移技术、对接与转移一体化技术等关键技术,解决了轻量化设计、集成性高、对接精度高的轻小型对接技术及在多重约束条件下实现大行程物品自动转移的转移技术等关键技术难题,为探月三期任务的实施奠定技术基础,并填补了我国在轻小型对接机构工程化研究领域的空白。

“地球耕耘六万载,嫦娥思乡五千年。”嫦娥五号飞天“吻”月后,回家了!这不仅仅是探月三期收官之战,更是对中国航天科技集团八院嫦娥五号研制团队十余年奋斗的肯定。

取样两公斤较为合理

2009年,探月工程三期展开立项论证,到底用什么构型?到底取多少样本?都是迫切关注的问题。我国以两公斤作为取样重量值,设计时嫦娥五号探测器的重量就要达到8.2吨左右,如果增加取样重量,探测器相应的指标也会大幅增加,这样就会超过运载火箭的运载能力,因此两公斤是较为合理的数值。

论证过程中,返回器、着陆器、上升器均有载人航天和探月工程一期、二期的研制基础,由中国航天科技集团八院研制的“太空摆渡车”——轨道器可谓是白手起家。根据任务要求,嫦娥五号轨道器需要在自身干重1吨多情况下,头顶3.7吨的着陆上升组合体,肚装3吨推进剂和300多公斤的返回器,并在飞行过程中依次分离着陆上升组合体、对接与样品转移机构和返回器,是我国首个具有大承载、分离面多等特点的月球探测飞行器。

为了达到构型优化与减重目标,总体、结构、热控等多个系统展开头脑风暴,先后论证了十余种构型,最后又缩减到四种构型上进行终极的PK。最终在继承神舟飞船推进舱外承力筒大构型的基础上,创新性提出了支撑舱、对接舱和推进器舱的三舱构型方案,实现了“头顶”和“肚中”载荷两条路线独立传递,极大地提高了结构承载效率;实现了支撑舱、对接舱专舱专用,用后即抛,既为后续任务的实施腾出通道,又减轻了重量,节省了推进剂。

月球轨道无人交会对接

“嫦娥五号”着陆器与上升器组合体成功采样之后,携带月壤的上升器是无法利用自身的动力返回地球的,必须通过“太空物流”的形式将货物安全带回。因此,采用类似“天宫”“神舟”那样的交会对接方式是最好的“搭乘”办法。按照计划,在月球轨道,由上升器和轨道器完成首次月球轨道交会对接,并将珍

贵的月球土壤样品“包裹”转移至返回器内。轨道器就像在月球轨道环绕的“邮差”,勤勤恳恳地完成“打包”和“装箱”后,迅速进入月地转移轨道执行隔空投送,将月壤样品运回“蓝色星球”。

想要收获72变的本领,就要撑得住81难的考验。“作为世界首次月球轨道无人交会对接,可以说对此次任务成败起决定性作用”,嫦娥五号探测器副总指挥张玉花说,单从交会对接与样品转移任务来看,可靠性是要求最高的,因为整个过程只能一次成功,没有第二次机会。为了保证它的可靠性,对接与样品转移机构做了多重冗余,仅仅对接验证试验,地面就模拟了数千次,确保万无一失。

为后续任务奠定基础

嫦娥五号探测器副总设计师查学雷介绍,样品容器自动转移功能是探测器系统的关键功能之一,必须万无一失,且与前段对接过程高度匹配,才能实现样品转移的最终目标。因此,对机构的高精确定位、转移工作运动平稳连续互不干扰互相配合,难度已经很大,更难的是如何在地面上验证月球轨道呢?高度自主的对接与样品转移、微重力、弱撞击等多种对接初始条件,每一项可靠性验证工作都汇集了一次次地面试验方法的设计与无数次试验的重复。随着产品设计、研制的深入,整机特性测试台、性能测试台、综合测试台三大测试系统先后投入使用,两年的关键技术攻关,6套产品4台大型试验设备的初样阶段,661次对接和518次样品转移试验,对接机构与样品转移分系统的设计师们重重闯关,攻坚克难,踏上了10余年的研发、制造与测试之路。精准对接,无缝转移,轨道器对接与样品转移机构从无到有,披荆斩棘一路至今,做到坚实的臂膀迎接上升器,温和地转移对待样品容器,成就了飞天嫦娥样品返回中极为重要的一环。

对接与在轨自动转移功能一体化设计能够更好地适应深空无人探测和样品采集、转移等任务类型的需求,为我国后续大型卫星近地轨道补给维护任务和其他深空探测任务等项目奠定了技术基础,具有重要的战略意义。

地月“快递”如何经受最高1300℃考验?

——解密嫦娥五号轨道器热控三大关键

今天1时59分,在内蒙古四子王旗着陆场,随着返回器着陆,嫦娥五号探测器奔月之旅宣告圆满结束。

本次探测中,嫦娥五号轨道器热控系统研制任务由中国航天科技集团有限公司第八研究院(上海航天技术研究院)509所热控团队承担。既要节约能源、轻装上阵,又要应对好200余个可能的高低热环境、经受住最高1300℃的高温考验,509所热控团队克服重重困难,在热控重量“瘦身”的同时,开创性地采用了错峰补偿控温策略和二次热防护复合系统,在大幅度节约重量和功率的同时做好热控,成功为嫦娥五号奔月之旅保驾护航。

更轻才能飞更远

为了克服地球引力飞向月球,采样后再克服月球引力飞回地球,嫦娥五号必须轻装上阵、节约能源,每一克重量和每一瓦能源都不能浪费,“减重”成了热控设计师们面临的第一道难题。“如何用最少的重量达到最优的效果?”热控团队主任设计师赵吉喆从项目开始就没有停止思考这个问题。以往传统的梯形结构热管传热能力有限,重量重。设计团队对热管内部结构进行优化设计,新研了微结构热管,不仅重量更轻,而且传热能力增加达130%。与此同时,团队把原本厚度统一的多层隔热组件改变成“量体裁衣”,让每台设备穿上厚薄不同的衣服,确保每台设备体温正常。团队大胆创新,将散热涂层厚度减薄30%,设计了更轻、更薄的柔性散热面,通过采用一体化热设计理念,使每台设备与整器的热设计高度耦合,大大降低了热控设计的重量,相比以往热控重量,从占整器3%减少到1.3%。

高峰期热功耗为0

副主任设计师张彧介绍:“在整个飞行阶段,轨道器需历经19个飞行阶段、8种飞行姿态及5种不同的构型,飞行过程中要经历极为恶劣的热环境,长期经受太阳、月球和空间低温的交替,引起轨道器外表面高低

温的剧烈变化,其温度范围可从零下二百多摄氏度变至一千摄氏度以上。”面对巨大的外热流和内功耗剧烈变化,轨道器需要设计较大的散热面以满足高温散热需求,低温时则需要消耗较多的电加热功耗来保温,采用传统热设计会占用大量资源。通过大量的仿真、试验,热控团队探索出一套错峰补偿的控温策略。通过对在轨卫星海量运行数据的挖掘,团队推断出热控涂层等材料参数的空间影响因素和性能变化规律,建立准确的温度场在轨预测模型,摸准了每台设备在轨温度特性,团队“对症下药”,针对每台设备提出热控系统自主管理模式,实现热控系统在近月制动、交会对接等关键阶段的用电高峰期时加热功耗为0的目标,确保整器有充足的能源完成关键任务。

防“烧伤”做好热防护

为了更快更稳地飞到月球,嫦娥五号轨道器共配备了39台发动机,分布在舱体的各个位置,发送机工作时温度会升至1100℃-1300℃。“如果热防护做得不到位,轨道器就会被高温‘烧伤’。”副主任设计师刘冈云介绍。传统的热防护采用高温材料进行设计,耐高温材料密度大、重量重。通过多轮仿真和试验,热控团队开创性地提出了二次热防护复合系统。一方面,采取高中低温复合隔热多层,层层将发动机1300℃高温辐射影响降低到常温状态;另一方面,通过复合高温隔热屏将发动机辐射温度由1300℃降低到200℃后,再根据不同设备的温度需求,个性化定制,进行二次热防护。创新采用的差异化热设计大大降低了耐高温材料的使用比例,将热防护重量降低了约三成,为轨道器省下了宝贵的重量。

本次509所热控团队开创性采用的一体化轻量化热设计理念,错峰补偿控温策略和二次热防护复合系统,在大幅度节约重量和能源的同时做好了热控,不仅在本次任务中成功为嫦娥五号保驾护航,后续更有望应用于遥感、深空探测等领域,发挥更大作用。

本报记者 叶薇

北京银行 BANK OF BEIJING 真诚 所以信赖 上海分行

北京银行定期存款保本保息

币种	产品期限	最高年利率
人民币	3年期	4%
美元	1年期	2.5%

- 保本保息、灵活存取,锁定长期高收益!
- 银行存款,纳入存款保险保障范围



扫码关注 获得更多 理财资讯

★北京银行各网点均可办理 ★请详询我行各网点理财经理

分行营业部	20612888	杨浦区	杨浦支行	55785030	闵行区	闵行支行	64606033
浦东支行	61065291		本溪路社区支行	35081901		万兆家园社区支行	54790328
南汇支行	68008763		中原社区支行	55670599		龙茗路社区支行	62210992
张江支行	20428088	静安区	静安支行	62311011	松江区	松江支行	67663388
德州路社区支行	50856716		市北支行	56621262		三湘社区支行	67885099
成山路社区支行	58950935		大华社区支行	56351118		九亭社区支行	33551513
昌里东路社区支行	50765329	长宁区	长宁支行	62832820	宝山区	宝山支行	61809560
惠南社区支行	33759103		剑河路社区支行	62717079		通河社区支行	56870612
金桥社区支行	50590180		虹桥社区支行	62261009	嘉定区	嘉定支行	39517333
三林社区支行	68780300	徐汇区	徐汇支行	33680618		安亭社区支行	59962907
周浦社区支行	58250536		龙漕路社区支行	33683565	青浦区	青浦支行	39225666
高行社区支行	50680363		长桥社区支行	33282050		徐泾社区支行	59769276
黄浦区	黄浦支行	63361500	零陵路社区支行	64035801	奉贤区	奉贤支行	57429622
	建德坊社区支行	63159009					
	丽园社区支行	63230277					
虹口区	虹口支行	55896010	普陀支行	32512928			
	凉城社区支行	65293627	陕西北路社区支行	52908213			
	天通庵路社区支行	56660167	曹杨社区支行	52991008			
	株洲路社区支行	66051988					

北京银行上海分行网点信息图